



GA 4/2321

Attorney Docket No. Q65987  
PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

# 3  
DW  
11/29/01

In re application of

Hideya TAKEO, et al.

Appln. No.: 09/941,748

Group Art Unit: 2621

Confirmation No.: 7384

Examiner: Not Yet Assigned

Filed: August 30, 2001

For: METHOD AND SYSTEM FOR DETECTING SUSPECTED ANOMALOUS SHADOWS

RECEIVED  
NOV 20 2001  
Technology Center 2600

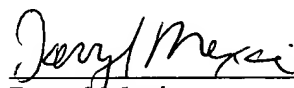
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith are certified copies of the priority documents on which claims to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority documents.

Respectfully submitted,



Darryl Mexic  
Registration No. 23,063

SUGHRUE MION, PLLC  
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20037-3213  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Japan 2000-263640  
Japan 2001-213865

Date: November 13, 2001

RECEIVED  
NOV 15 2001  
TC 2600 MAIL ROOM



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-263640

願 人

Applicant(s):

富士写真フイルム株式会社

RECEIVED  
NOV 20 2001  
Technology Center 2600

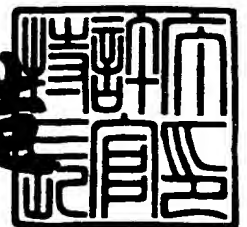
CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED  
NOV 15 2001  
1C 2600 MAIL ROOM

2001年 3月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 P25580J

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 A61B 6/00  
G06T 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 武尾 英哉

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 異常陰影候補検出方法および検出処理システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮影手段により放射線撮影された被写体の放射線画像を画像読取手段により読み取って放射線画像データを取得し、

取得された該放射線画像データに基づく前記放射線画像中の異常陰影候補を所定の検出パラメータを用いた異常陰影候補検出処理により検出する異常陰影候補検出方法において、

検出可能レベルに対応する複数の評価用モデルからなる陰影パターンを有する基準ファントムを前記撮影手段により放射線撮影し、

撮影された前記基準ファントムの放射線画像を前記画像読取手段により読み取ってファントム画像データを取得し、

取得された該ファントム画像データを出力手段により出力し、

出力された前記ファントム画像データに基づく画質評価によって得られた閾値を、前記検出パラメータとして設定することを特徴とする異常陰影候補検出方法。

【請求項 2】 前記被写体が乳房であることを特徴とする請求項 1 記載の異常陰影候補検出方法。

【請求項 3】 被写体を放射線撮影する撮影手段と、

該撮影手段により撮影された前記被写体の放射線画像を読み取り放射線画像データを取得する画像読取手段と、

該画像読取手段により取得された前記放射線画像データに基づく前記放射線画像中の異常陰影候補を、所定の検出パラメータを用いた異常陰影候補検出処理により検出する異常陰影候補検出手段とを備えた異常陰影候補検出処理システムにおいて、

該異常陰影候補検出手段が、前記撮影手段により撮影された検出可能レベルに対応する複数の評価用モデルからなる少なくとも一種の異常陰影パターンを有する基準ファントムの画像を前記画像読取手段により読み取って得られたファントム画像データに基づいて、所望の検出可能レベルに対応する前記評価用モデルを

検出し得るような閾値を決定し、前記検出パラメータを該閾値に基づいて自動設定するものであることを特徴とする異常陰影候補検出処理システム。

【請求項 4】 前記基準ファントムに含まれる前記異常陰影パターンのうち少なくとも一種が腫瘤陰影パターンであることを特徴とする請求項 3 記載の異常陰影候補検出処理システム。

【請求項 5】 前記基準ファントムに含まれる前記異常陰影パターンのうち少なくとも一種が微小石灰化陰影パターンであることを特徴とする請求項 3 記載の異常陰影候補検出処理システム。

【請求項 6】 前記異常陰影候補検出処理が、腫瘤陰影を検出するアイリスフィルタ処理および／または微小石灰化陰影を検出するモフォロジーフィルタ処理であることを特徴とする請求項 3 から 5 いずれか記載の異常陰影候補検出処理システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は異常陰影候補の検出方法および検出処理システムに関し、特に詳しくは、撮影環境に合わせた検出閾値を設定して異常陰影候補を検出する異常陰影候補検出方法および検出処理システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、医療分野においては、被写体の放射線画像を読影して病変部を発見し、またその病変部の状態を観察して、疾病の有無や進行状況の診断を行うことが一般的に行なわれている。しかしながら、放射線画像の読影は読影者の経験や画像読影能力の高低によって左右され、必ずしも客観的なものとはいえなかった。

【0003】

例えば、乳癌の検査を目的として撮影されたマンモグラフィ（乳房を被写体とした診断用放射線画像）においては、その画像から癌化部分の特徴の一つである腫瘤陰影や微小石灰化陰影等の異常陰影を検出することが必要であるが、読影者

によっては必ずしも的確にその異常陰影の範囲を指定することができるとは限らない。このため、読影者の技量に依存することなく、腫瘤陰影や微小石灰化陰影を始めとする異常陰影を的確に検出することが求められていた。

#### 【0004】

この要望に応えるものとして、診断用画像として取得された被写体の画像データに基づき、その画像データが表す画像中の異常陰影の候補を計算機を用いて自動的に検出する異常陰影候補検出処理システム（計算機支援画像診断装置またはCADシステム）が提案されている（特開平8-294479号、特開平8-287230号等）。

#### 【0005】

この異常陰影候補検出処理システムは、画像データに基づいて異常陰影と考えられる異常陰影候補を検出し、その検出した部位にマーキングを表示して放射線画像の読影者に注意を喚起し、あるいは、検出した異常陰影候補の特徴的なものを読影者の客観的判断に役立つ材料として定量的に提示することにより、上述のような読影者による見落としや思い違いの未然防止を目的としている。この異常陰影候補を検出する処理には、主として腫瘤陰影候補を検出するのに適したアイリスフィルタ処理や、主として微小石灰化陰影候補を検出するのに適したモフォロジーフィルタ処理等が利用される。

#### 【0006】

アイリスフィルタ処理とは、画像信号の濃度勾配の集中度の最大値を表すアイリスフィルタ出力値と所定の閾値とを比較することにより、画像中における乳癌の特徴的形態の一つである腫瘤陰影の候補領域を検出するのに有効な手法である。

#### 【0007】

例えば、X線フィルム上における放射線画像（高濃度高信号レベルの画像信号で表される画像）において、腫瘤陰影部分は周囲の画像部分に比べて濃度値が僅かに低いことが知られており、腫瘤陰影の内部においては、略円形の周縁部から中心部に向かうにしたがって濃度値が低くなるという濃度値の勾配が認められる。したがって腫瘤陰影においては、局所的な濃度値の勾配が認められ、その勾配

線は腫瘍の中心方向に集中する。

【0008】

アイリスフィルタは、この濃度値に代表される画像信号の勾配を勾配ベクトルとして算出し、その勾配ベクトルの集中度を出力するものであり、アイリスフィルタ処理とはこの勾配ベクトルの集中度を基に腫瘍陰影の候補領域を検出するものである。

【0009】

以下、図1のマンモグラフィを参照してアイリスフィルタ処理について説明する。原画像データPにおける腫瘍陰影 $P_1$ 内部の任意の画素における勾配ベクトルは図1(2)に示すように腫瘍陰影 $P_1$ の中心付近を向くが、血管陰影や乳腺など細長い陰影 $P_2$ は図1(3)に示すように勾配ベクトルが特定の点に集中することはない。このため、局所的に勾配ベクトルの向きの分布を評価し、特定の点に集中している領域を検出すれば、それが腫瘍陰影 $P_1$ の候補領域となる。また、図1(4)に示すような乳腺等の細長い陰影同士が交差した陰影 $P_3$ は、勾配ベクトルが特定の点に集中する傾向があるため擬似的に候補領域として検出され得る。

【0010】

以下にアイリスフィルタ処理の具体的なアルゴリズムを示す。

【0011】

まず、対象となる画像を構成する全ての画素について、各画素jごとに下記式(1)に示す計算式に基づいた画像データの勾配ベクトルの向き $\theta$ を求める。

【0012】

【数1】

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(f_3 + f_4 + f_5 + f_6 + f_7) - (f_{11} + f_{12} + f_{13} + f_{14} + f_{15})}{(f_1 + f_2 + f_3 + f_{15} + f_{16}) - (f_7 + f_8 + f_9 + f_{10} + f_{11})} \quad (1)$$

ここで $f_1 \sim f_{16}$ は、図2に示すように、その画素jを中心とした例えば縦5画素×横5画素の大きさのマスクの外周上の画素に対応した画素値(画像データ)である。

【0 0 1 3】

次に、対象となる画像を構成する全ての画素について、各画素ごとにその画素を注目画素とする勾配ベクトルの集中度Cを次式（2）にしたがって算出する。

【0 0 1 4】

【数 2】

$$C = (1/N) \sum_{j=1}^N \cos \theta_j \quad (2)$$

ここでNは注目画素を中心に半径Rの円内に存在する画素の数、 $\theta_j$ は注目画素とその円内の各画素jとを結ぶ直線と、その各画素jにおける上記式（1）で算出された勾配ベクトルとがなす角である（図3参照）。したがって上記式（2）で表される集中度Cが大きな値となるのは、各画素jの勾配ベクトルの向きが注目画素に集中する場合である。

【0 0 1 5】

ところで、腫瘍陰影近傍の各画素jの勾配ベクトルは、腫瘍陰影のコントラストの大小に拘らず、略その腫瘍陰影の中心部を向くため、上記集中度Cが大きな値をとる注目画素は腫瘍陰影の中心部の画素ということができる。一方、血管陰影など細長い陰影は勾配ベクトルの向きが一定方向に偏るため集中度Cの値は小さい。したがって、画像を構成する全ての画素について、それぞれ注目画素に対する上記集中度Cの値を算出し、その集中度Cの値が予め設定された閾値を上回るか否かを評価することによって腫瘍陰影を検出することができる。すなわち、このフィルタは通常の差分フィルタに比べて血管や乳腺等の影響を受けにくく、腫瘍陰影を効率よく検出できるという特長を有している。

【0 0 1 6】

さらに実際の処理においては、腫瘍の大きさや形状に左右されない検出力を達成するために、フィルタの大きさと形状とを適応的に変化させる工夫がなされる。図4にそのフィルタを示す。このフィルタは、図3に示すものと異なり、注目画素を中心として $2\pi/M$ 度の角度間隔で隣接するM種類の方向（図4においては、11.25度ごとの32方向を例示）の放射状の線上の画素のみで上記集中度の評価を行うものである。



## 【0017】

ここで  $i$  番目の線上にあって、かつ注目画素から  $n$  番目の画素の座標 ( $[x]$ ,  $[y]$ ) は、注目画素の座標を  $(k, 1)$  とすれば、下記式 (3)、(4) で与えられる。

## 【0018】

【数3】

$$x = k + n \cos \{2\pi (i - 1) / M\} \quad (3)$$

$$y = 1 + n \sin \{2\pi (i - 1) / M\} \quad (4)$$

ただし、 $[x]$ ,  $[y]$  は、 $x$ ,  $y$  を超えない最大の整数である。

## 【0019】

さらに、その放射線上の線上の各線ごとに最大の集中度が得られる画素までの出力値をその方向についての集中度  $C_{imax}$  とし、その集中度  $C_{imax}$  を全ての方向で平均し、この平均値を注目画素についての勾配ベクトル群の集中度  $C$  とする。

## 【0020】

具体的には、まず  $i$  番目の放射状の線上において注目画素から  $n$  番目の画素までで得られる集中度  $C_i(n)$  を下記式 (5) により求める。

## 【0021】

【数4】

$$C_i(n) = \sum_{i=1}^n \{ (\cos \theta_{i1}) / n \}, \quad R_{min} \leq n \leq R_{max} \quad (5)$$

すなわち式 (5) は、起点を注目画素とし、終点を  $R_{min}$  から  $R_{max}$  までの範囲内で変化させて、集中度  $C_i(n)$  を算出するものである。

## 【0022】

ここで  $R_{min}$  と  $R_{max}$  とは、検出しようとする腫瘤陰影の半径の最小値と最大値である。

## 【0023】

次に、勾配ベクトル群の集中度  $C$  を下記式 (6) および (7) により計算する

【0024】

【数5】

$$C_{i_{\max}} = \max_{R_{\min} \leq n \leq R_{\max}} C_i(n) \quad (6)$$

$$C = (1/32) \sum_{i=1}^{32} C_{i_{\max}} \quad (7)$$

ここで式(6)の $C_{i_{\max}}$ は、式(5)で得られた放射状の方向線ごとの集中度 $C_i(n)$ の最大値であるから、注目画素からその集中度 $C_i(n)$ が最大値となる画素までの領域が、その線の方角における腫瘍陰影の領域となる。

【0025】

全ての放射状の方向線について式(6)の計算をしてその各線上における腫瘍陰影の領域の辺縁点を求め、この各線上における腫瘍陰影の領域の隣接する辺縁点を、直線または非線形曲線で結ぶことにより、腫瘍陰影の候補となり得る候補領域の輪郭を特定することができる。

【0026】

そして、式(7)では、この領域内の式(6)で与えられた集中度の最大値 $C_{i_{\max}}$ を放射状の方向線の全方向(式(7)では32方向の場合を例示)について平均した値を求める。この求められた値がアイリスフィルタ出力値 $I$ であり、この出力値 $I$ を、腫瘍陰影であるか否かを判断するのに適した予め設定した一定の閾値 $T$ と比較し、 $I \geq T$ (若しくは $I > T$ )であればこの注目画素を中心とする領域が候補領域であり、 $I < T$ (若しくは $I \leq T$ )であれば候補領域ではないと判定し、候補領域を検出する。

【0027】

なお、前述の集中度 $C_i(n)$ の計算は、式(5)の代わりに下記式(5')を用いてもよい。

【0028】

【数 6】

$$C_i(n) = \frac{1}{n - R_{\min} + 1} \sum_{i=R_{\min}}^n \cos \theta_{i1} \quad , \quad R_{\min} \leq n \leq R_{\max} \quad (5')$$

すなわち、式(5')は、検出しようとする腫瘍陰影の半径の最小値 $R_{\min}$ に対応した画素を起点とし、終点を $R_{\min}$ から $R_{\max}$ までとした範囲内で集中度 $C_i(n)$ を算出するものである。

【0029】

一方、モフォロジーフィルタ処理は、腫瘍陰影とともに乳癌における特徴的形態である微小石灰化陰影の候補を検出する手法であり、マルチスケール $\lambda$ と構造要素(マスク) $B$ とを用い、[1]石灰化像そのものの抽出に有効であること、[2]複雑なバックグラウンド情報に影響されにくいこと、[3]抽出した石灰化像がひずまないこと、などの特徴がある。すなわち、この手法は一般の微分処理に比べて、石灰化像のサイズ・形状・濃度分布などの幾何学的情報をより良く保った検出が可能である。以下にその概要を述べる。

【0030】

(モフォロジーの基本演算)

モフォロジーは一般的には $N$ 次元空間における集合論として展開されるが、直感的な理解のために2次元の濃淡画像を対象として説明する。

【0031】

濃淡画像を座標 $(x, y)$ の点が濃度値 $f(x, y)$ に相当する高さをもつ空間とみなす。ここで、濃度値 $f(x, y)$ は、濃度が低い(CRTに表示した場合には輝度が高い)ほど大きな画像信号となる高輝度高信号レベルの信号とする。

【0032】

まず、簡単のために、その断面に相当する1次元の関数 $f(x)$ を考える。モフォロジー演算に用いる構造要素 $g$ は次式(8)に示すように、原点について対称な対称関数

【数 7】

$$g^S(x) = g(-x) \quad (8)$$

であり、定義域内で値が 0 で、その定義域が下記式 (9) であるとする。

【0 0 3 3】

【数 8】

$$G = \{-m, -m+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, m-1, m\} \quad (9)$$

このとき、モフォロジー演算の基本形は式 (10) ~ (13) に示すように、非常に簡単な演算となる。

【0 0 3 4】

【数 9】

$$\text{dilation: } [f \oplus G^S](i) = \max \{f(i-m), \dots, f(i), \dots, f(i+m)\} \quad (10)$$

$$\text{erosion: } [f \ominus G^S](i) = \min \{f(i-m), \dots, f(i), \dots, f(i+m)\} \quad (11)$$

$$\text{opening: } f_g = (f \ominus g^S) \oplus g \quad (12)$$

$$\text{closing: } f^g = (f \oplus g^S) \ominus g \quad (13)$$

すなわち、ダイレーション (dilation) 処理は、注目画素を中心とした、 $\pm m$  (構造要素 B に応じて決定される値) の幅の中の最大値を検索する処理であり (図 5 (A) 参照)、一方、イロージョン (erosion) 処理は、注目画素を中心とした、 $\pm m$  の幅の中の最小値を検索する処理である (図 5 (B) 参照)。また、オープニング (opening) 処理は最小値探索の後に、最大値を探索することに相当し、クロージング (closing) 処理は最大値探索の後に、最小値を探索することに相当する。すなわち、オープニング処理は低輝度側から濃度曲線  $f(x)$  を滑らかにし、マスクサイズ  $2m$  より空間的に狭い範囲で変動する凸状の濃度変動部分 (周囲部分よりも輝度が高い部分) を取り除くことに相当する (図 5 (C) 参照)。一方、クロージング処理は、高輝度側から濃度曲線  $f(x)$  を滑らかにし、マスクサイズ  $2m$  より空間的に狭い範囲で変動する凹状の濃度変動部分 (周囲部分よりも輝度が低い部分) を取り除くことに相当する (図 5 (D) 参照)。

## 【 0 0 3 5 】

ここで、濃度の高いもの程大きな値となる高濃度高信号レベルの信号の場合においては、濃度値  $f(x)$  の画像信号値が高輝度高信号レベルの場合に対して大小関係が逆転するため、高濃度高信号レベルの信号におけるダイレーション処理は、高輝度高信号レベルにおけるイロージョン処理と一致し、高濃度高信号レベルの信号におけるイロージョン処理は、高輝度高信号レベルにおけるダイレーション処理と一致し、高濃度高信号レベルの信号におけるオープニング処理は、高輝度高信号レベルにおけるクロージング処理と一致し、高濃度高信号レベルの信号におけるクロージング処理は、高輝度高信号レベルにおけるオープニング処理と一致する。なお、本項では高輝度高信号レベルの画像信号（輝度値）の場合について説明する。

## 【 0 0 3 6 】

（石灰化陰影検出への応用）

石灰化陰影の検出には、原画像から平滑化した画像を引き去る差分法が考えられる。単純な平滑化法では石灰化陰影と細長い形状の非石灰化陰影（乳腺や血管や乳腺支持組織等）の識別が困難であるため、小畑らは、多重構造要素を用いたオープニング演算に基づく下記式（14）で表されるモフォロジー演算処理を提案している（「多重構造要素を用いたモルフォロジーフィルタによる微小石灰化像の抽出」電子情報通信学会論文誌 D-II Vol.J75-D-II No.7 P1170 ～1176 1992年7月、「モルフォロジーの基礎とそのマンモグラム処理への応用」MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY Vol.12 No.1 January 1994）。

## 【 0 0 3 7 】

【数 1 0】

$$\begin{aligned}
 P &= f - \max_{i \in (1, \dots, M)} \{ (f \ominus B_i) \oplus B_i \} \\
 &= f - \max_{i \in (1, \dots, M)} \{ f_{B_i} \}
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

ここで  $B_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) は図 6 に示す直線状の 4 つの構造要素  $B$  である。構造要素  $B$  を検出対象の石灰化陰影よりも大きく設定すれば、オープニ

グ処理で、構造要素Bよりも細かな凸状の信号変化部分（空間的に狭い範囲で変動する画像部分）である石灰化像は取り除かれる。一方、細長い形状の非石灰化陰影はその長さが構造要素Bよりも長く、その傾き（延びる方向）が4つの構造要素B<sub>i</sub>のうちいずれかに一致すればオープニング処理（式（14）の第2項の演算）をしてもそのまま残る。したがってオープニング処理によって得られた平滑化画像（石灰化陰影が取り除かれた画像）を原画像fから引き去ることで、小さな石灰化像の候補のみが含まれる画像が得られる。これが式（14）の考え方である。

【0038】

なお前述したように、高濃度高信号レベルの信号の場合においては、石灰化陰影は周囲の画像部分よりも濃度値が低くなり、石灰化陰影は周囲部分に対して凹状の信号変化部分となるため、オープニング処理に代えてクロージング処理を適用し、式（14）に代えて式（15）を適用する。

【0039】

【数11】

$$\begin{aligned}
 P &= f - \min_{i \in (1, \dots, M)} \{ (f \oplus B_i) \ominus B_i \} \\
 &= f - \min_{i \in (1, \dots, M)} \{ f_{B_i} \}
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

しかし、これによっても石灰化陰影と同等の大きさをもつ非石灰化陰影が一部残る場合があり、そのような場合については、次式（16）のモフォロジー演算に基づく微分情報を利用して式（14）のPに含まれる非石灰化像をさらに除去する。

【0040】

【数12】

$$M_{grad} = (1/2) \times (f \oplus \lambda B - f \ominus \lambda B) \tag{16}$$

ここで、Mgradの値が大きいほど石灰化陰影の可能性が大きいので、石灰化候補画像C<sub>s</sub>は下記式（17）により求めることができる。

【 0 0 4 1 】

【数 1 3】

$$\begin{aligned} & \text{IF } P(i, j) \geq T1 \text{ and } M_{\text{grad}}(i, j) \geq T2 \\ & \text{Then } C_s(i, j) = P \text{ else } C_s(i, j) = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

ここで、 $T1$ 、 $T2$ は実験的に決められる、予め設定された閾値である。

【 0 0 4 2 】

ただし、石灰化陰影の大きさとは異なる非石灰化陰影については、式(14)の $P$ と所定の閾値 $T1$ との比較のみで除去できるため、石灰化陰影と同等の大きさをもつ非石灰化陰影が残ることのないような場合は、式(17)の第1項の条件( $P(i, j) \geq T1$ )を満たすだけでよい。

【 0 0 4 3 】

最後に、式(18)に示す、マルチスケールのオープニング演算とクロージング演算との組み合わせにより、石灰化陰影のクラスター $C_c$ を検出する。

【 0 0 4 4 】

【数 1 4】

$$C_c = C_s \oplus \lambda_1 B \ominus \lambda_3 B \oplus \lambda_2 B \quad (18)$$

ここで、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ はそれぞれ融合したい石灰化陰影の最大距離と除去したい孤立陰影の最大半径とによって決められ、 $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$ である。

【 0 0 4 5 】

なお、これらのモフォロジーフィルタに関する説明は上述したように、高輝度高信号レベルの画像データの場合についてであるが、高濃度高信号レベルの画像データ(高濃度の画素ほど大きなデジタル値を持つ画像データ)の場合については、オープニング演算とクロージング演算とが逆の関係になる。

【 0 0 4 6 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述のアイリスフィルタ処理およびモフォロジーフィルタ処理において異常陰影候補を検出する際に用いる検出閾値 $T$ 、 $T1$ 、 $T2$ は、いずれも予

め実験的に設定された一定の値であり、病院等の施設が異常陰影候補検出処理システムを導入する際には初期値として特定の値が設定されて導入される。

【0047】

しかしながら、上記の異常陰影候補検出処理システムによる検出結果は、使用する施設の撮影環境に影響されて変動しやすいため、施設ごとに検出結果がばらついてしまう可能性がある。このため、異常陰影候補検出処理システムを導入する際には、全ての施設に亘って安定した検出性能が得られるような検出閾値を、各施設の撮影環境に合わせて設定することが必要である。

【0048】

本発明は、上記事情に鑑み、施設ごとの撮影環境によらず、異常陰影候補検出処理システムを導入する全ての施設に亘って安定した検出性能を得ることを可能とする異常陰影候補検出方法および検出処理システムを提供することを目的とするものである。

【0049】

【課題を解決するための手段】

本発明による異常陰影候補検出方法は、撮影手段により放射線撮影された被写体の放射線画像を画像読取手段により読み取って放射線画像データを取得し、取得された放射線画像データに基づく放射線画像中の異常陰影候補を所定の検出パラメータを用いた異常陰影候補検出処理により検出する異常陰影候補検出方法において、検出可能レベルに対応する複数の評価用モデルからなる陰影パターンを有する基準ファントムを撮影手段により放射線撮影し、撮影された基準ファントムの放射線画像を画像読取手段により読み取ってファントム画像データを取得し、取得されたファントム画像データを出力手段により出力し、出力されたファントム画像データに基づく画質評価によって得られた閾値を、検出パラメータとして設定することを特徴とするものである。

【0050】

ここで、異常陰影候補検出処理とは、腫瘍陰影候補を検出するアイリスフィルタ処理や、微小石灰化陰影候補を検出するモフォロジーフィルタ処理等のコンピュータを用いた診断支援処理を示すものであり、この他にも放射線画像中の異常



陰影を検出パラメータを用いて検出する処理であればいかなるものでもよい。

【 0 0 5 1 】

また、検出パラメータとは、検出性能を変動させるパラメータであり、アイリスフィルタ処理においては閾値T、モフォロジーフィルタ処理においては閾値T1、T2が検出パラメータとして設定される値である。

【 0 0 5 2 】

また、検出可能レベルに対応する複数の評価用モデルからなる陰影パターンとは、複数段階の検出可能レベルに各々対応する複数の評価用モデルからなる陰影パターンを意味するものであり、例えば図7の12～16に示すような、大きさが異なる複数の腫瘍を模した評価用モデルからなる腫瘍陰影パターンや、図7の7～11に示すような、各点の大きさ（コントラスト）が異なる複数の微小石灰化陰影を模した評価用モデルからなる微小石灰化陰影パターンや、図9に示すような、複数段階のコントラストを有する評価用モデルからなる陰影パターンを意味するものである。なお、この他にも、異常陰影の特徴によって種々の形態の陰影パターンを用いることができる。

【 0 0 5 3 】

また、出力手段とは、プリンターなどのプリント手段やCRTなどの画像表示手段のほか、画像データに基づいて画像中の異常陰影候補を検出する手段にファントム画像データを出力する手段等を示すものである。

【 0 0 5 4 】

なお、この方法は、特に被写体が乳房である場合に適している。

【 0 0 5 5 】

また、本発明による異常陰影候補検出処理システムは、被写体を放射線撮影する撮影手段と、撮影手段により撮影された被写体の放射線画像を読み取り放射線画像データを取得する画像読取手段と、画像読取手段により取得された放射線画像データに基づく放射線画像中の異常陰影候補を、所定の検出パラメータを用いた異常陰影候補検出処理により検出する異常陰影候補検出手段とを備えた異常陰影候補検出処理システムにおいて、異常陰影候補検出手段が、撮影手段により撮影された検出可能レベルに対応する複数の評価用モデルからなる少なくとも一種

の異常陰影パターンを有する基準ファントムの画像を画像読取手段により読み取って得られたファントム画像データに基づいて、所望の検出可能レベルに対応する評価用モデルを検出し得るような閾値を決定し、検出パラメータを閾値に基づいて自動設定するものであることを特徴とするものである。

## 【 0 0 5 6 】

ここで、異常陰影パターンとは、略円形の周縁から中心部に向かうに従って輝度が高くなり周縁がぼやけた画像で表された腫瘍陰影パターンや、複数の点が集まった画像で表された微小石灰化陰影パターン等の、異常陰影の形状を模したパターンを示すものである。

## 【 0 0 5 7 】

なお、基準ファントムに含まれる異常陰影パターンのうち少なくとも一種は、微小石灰化陰影パターン、或いは、腫瘍陰影パターンであることが望ましい。

## 【 0 0 5 8 】

また、異常陰影候補検出処理には、微小石灰化陰影を検出するモフォロジーフィルタ処理および／または腫瘍陰影を検出するアイリスフィルタ処理を用いることができる。

## 【 0 0 5 9 】

## 【発明の効果】

上記のように構成された本発明の異常陰影候補検出方法および検出処理システムによれば、各施設ごとに、その施設の撮影手段により撮影し、その施設の画像読取手段により読み取って得られた基準ファントムの画像データの画質を評価し、その評価結果によって各施設の異常陰影候補検出処理に用いられる検出パラメータを設定するから、全ての施設に亘って同等の検出結果が得られるように検出パラメータを設定することが可能となり、撮影環境の相違に拘らず安定した検出性能を得ることが可能となる。

## 【 0 0 6 0 】

なお、特に被写体が乳房である場合には、検出結果が撮影環境の影響を受け易いため有効である。

## 【 0 0 6 1 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の異常陰影候補検出方法および検出処理システムの実施の形態を図面に基づいて説明する。図 8 は、本発明における異常陰影候補検出処理システムの具体的な実施形態を示す図である。

## 【0062】

本実施形態の異常陰影候補検出処理システムは、基準ファントムを撮影する撮影手段10と、撮影手段10により撮影されたファントム画像Pを読み取ってファントム画像データP'を取得する画像読取手段20と、画像読取手段20からファントム画像データP'を入力し、ファントム画像データP'に基づき基準ファントム上の異常陰影の評価用モデルを検出する異常陰影候補検出手段30とを備える。

## 【0063】

基準ファントムには、腫瘤陰影を模したパターン（12～16）の画像と、微小石灰化陰影を模したパターン（7～11）の画像を備えたRMIファントムを用いる（図7参照）。各異常陰影のパターンは、検出可能レベルが異なる評価用モデルによって構成される。検出可能レベルが異なる評価用モデルとは、腫瘤陰影パターンは略円形のモデルの大きさが小さくなるに従って検出し難くなり、同様に、微小石灰化陰影パターンはモデルを構成する点が小さくなる（コントラストが弱くなる）に従って検出し難くなることから、各異常陰影の形状を有し、大きさが異なるモデルを示したものである。なお、図7の1～6は乳腺等の線状陰影を模したパターンである。

## 【0064】

撮影手段10および画像読取手段20は病院等の施設に備えられ、乳房等の被写体の撮影、読取りを行うものと同一の装置である。また、異常陰影候補検出手段30も、通常は、乳房等の被写体の画像データを入力し、その画像データに基づいて被写体の異常陰影候補を検出するものである。

## 【0065】

異常陰影候補検出手段30は、画像読取手段20からファントム画像データP'を入力し、ファントム画像データP'に基づいて基準ファントム上の評価用モデルを検出する評価用モデル検出手段31と、評価用モデル検出手段31の検出結果を入

力し、所望の検出レベルと比較する評価を行う評価手段32と、評価手段32による評価の結果、評価用モデルの検出結果と所望の検出レベルが異なる場合に、所定のルールに基づいて閾値を決定し、この閾値を検出パラメータとして設定するパラメータ設定手段33により構成される。なお、評価手段32による評価の結果、評価用モデル検出手段31の検出結果が所望の検出レベルを達成していた場合には、パラメータ設定手段33による検出パラメータの設定は行われない。

## 【0066】

次に、以上のように構成された本実施形態の異常陰影候補検出処理システムの作用（検出方法）について説明する。

## 【0067】

撮影手段10は、基準ファントムに対して放射線撮影を行う。

## 【0068】

画像読取手段20は、撮影手段10により撮影された基準ファントムのファントム画像Pを読み取って画像データ化する。

## 【0069】

評価用モデル検出手段31は、画像読取手段20により画像データ化されたファントム画像データP'を入力し、異常陰影候補検出処理により、ファントム画像データに含まれる異常陰影（評価用モデル）を検出する。この際、基準ファントム上の腫瘍陰影はアイリスフィルタ処理により検出し、石灰化陰影はモフォロジーフィルタ処理により検出する。なお、評価用モデル検出手段31は、入力したファントム画像データP'を記憶し、評価用モデル検出後も保存する。

## 【0070】

評価手段32は、評価用モデル検出手段31から検出結果情報を入力し、予め設定された所望の検出レベルと比較し、検出結果が所望の検出レベルを達成していない場合に、その検出結果情報および所望の検出レベルの情報をパラメータ設定手段33に出力する。なお、評価用モデル検出手段31による検出結果が所望の検出レベルと同等であった場合には、パラメータを設定する処理は終了し、検出結果が出力される。

## 【0071】

パラメータ設定手段33は、評価手段32から検出結果情報および所望の検出レベルの情報を入力し、その情報に基づいて検出閾値を決定し、評価用モデル検出手段31の検出パラメータとして設定する。例えば、腫瘍陰影の所望の検出レベルが2（基準ファントム上の腫瘍陰影のうち2つの評価用モデル（12、13）を検出するレベル）であり、評価用モデル検出手段31による評価結果の検出レベルが1（評価用モデル（12）のみを検出するレベル）であった場合には、検出パラメータとして設定されている閾値を1レベル分下げて新しい閾値を決定し、評価用モデル検出手段31に用いられるアイリスフィルタ処理における閾値Tに新しい閾値を決定する。同様に、基準ファントム上の微小石灰化陰影の所望の検出レベルが2であり、評価用モデル検出手段31による評価結果の検出レベルが1であった場合には、検出パラメータに設定されている閾値を1レベル分下げて新しい閾値を決定し、評価用モデル検出手段31に用いられるモフォロジーフィルタ処理における閾値T1、T2に新しい閾値を設定する。なお、閾値を下げる（または、上げる）レベルは、各異常陰影候補検出処理の特性により予め定められた所定のルールに基づいて決定する。

## 【0072】

検出パラメータに新しい閾値が設定された後、評価用モデル検出手段31は、保存しているファントム画像データP'に対して異常陰影候補検出処理を施し評価用モデルを再検出する。

## 【0073】

評価手段32、パラメータ設定手段33および評価用モデル検出手段31は、この再検出された検出結果に対して上記と同様の処理を行い、評価用モデル検出手段31による検出結果が所望の検出レベルと同等になるまで上記の処理を繰り返す。

## 【0074】

本実施形態の異常陰影候補検出方法および検出処理システムによれば、システムが自動的に検出性能を調整することが可能となるので、システム導入時だけでなく、各施設が定期的に調整を行うこともできる。すなわち、常に安定した検出結果を得ることが可能になり、異常陰影候補検出処理システム自体のQCに有効である。

## 【 0 0 7 5 】

なお、基準ファントムには上記の RMI ファントム以外にも、検出可能レベルに対応し、検出する異常陰影を模した陰影を含むものであればいかなるものでも利用できる。

## 【 0 0 7 6 】

次に、本発明の異常陰影検出方法の別の実施形態について説明する。本実施形態による異常陰影検出方法は、画像読取手段20から出力されたファントム画像データ P' を出力装置により X 線フィルム等に出し、出力結果を視認した結果の視認レベルにより検出閾値を決定し、この閾値を手動で検出パラメータに設定する。例えば、所望の検出レベルが 2 であり、視認レベルが 1 であった場合には、上記の閾値を例えば  $1/2$  に下げて設定し、所望の検出レベルが得られた状態でシステムの運用を開始する。なお、各施設における出力装置のばらつきは既に補正されていることを前提としており、視認レベルの画質評価結果には影響しない。

## 【 0 0 7 7 】

なお、X 線フィルム等に出しされた出力結果を視認レベルで画質評価する上記実施形態においては、複数段階の検出可能レベルに対応する複数の評価用モデルからなる種々の陰影パターンを利用することが可能であり、例えば、検出する異常陰影が微小石灰化陰影である場合には CDMAMMMO ファントム（図 9 参照）を用いることができる。CDMAMMMO ファントムとはコントラスト評価に関して、かなり細かい解析が可能なファントムである。

## 【 0 0 7 8 】

なお、異常陰影候補検出処理は、上記のアイリスフィルタ処理およびモフォロジーフィルタ処理の他、検出パラメータにより検出性能を変動させることが可能な異常陰影候補検出処理であればいかなるものでもよい。

## 【 0 0 7 9 】

また、上記のパラメータを設定する処理は、アイリスフィルタ処理等により異常陰影候補を検出した後、検出された異常陰影の候補領域の形状等の特徴量を用いて、その候補領域が悪性であるか否かの判定を行う判定手段を備えた異常陰影

候補検出処理システムにも、もちろん採用できる。

【0080】

なお、本発明はマンモグラフィCADに限られるものではなく、胸部CADや胃がんCAD等、様々な被写体に対して利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

アイリスフィルタ処理の作用を示す図

【図2】

注目画素jを中心とした縦5画素×横5画素の大きさのマスクを表す図

【図3】

注目画素と各画素jにおける勾配ベクトルとがなす角を説明する図

【図4】

輪郭形状が適応的に変化するように設定されたアイリスフィルタを示す概念図

【図5】

モフォロジーフィルタの基本作用を示す図

【図6】

直線状の4つの構造要素Bを示す図

【図7】

RMIファントムを示す図

【図8】

本発明の一実施形態による異常陰影候補検出処理システムの構成を示す構成図

【図9】

CDMAMMMOファントムを示す図

【符号の説明】

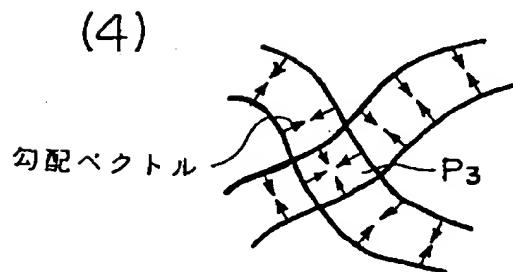
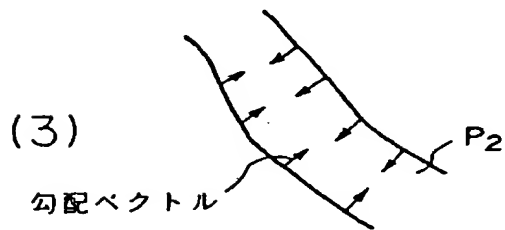
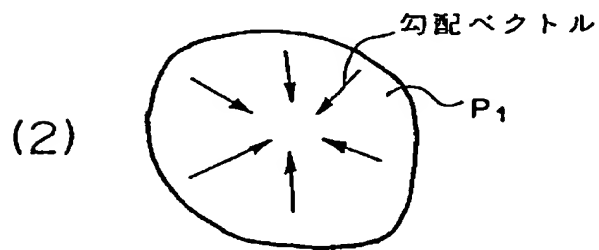
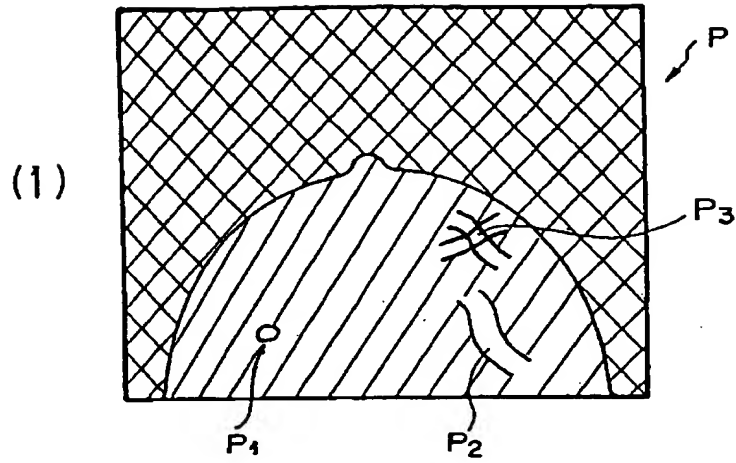
- 10 撮影手段
- 20 画像読取手段
- 30 異常陰影候補検出手段
- 31 評価用モデル検出手段
- 32 評価手段

33 パラメータ設定手段



【書類名】 図面

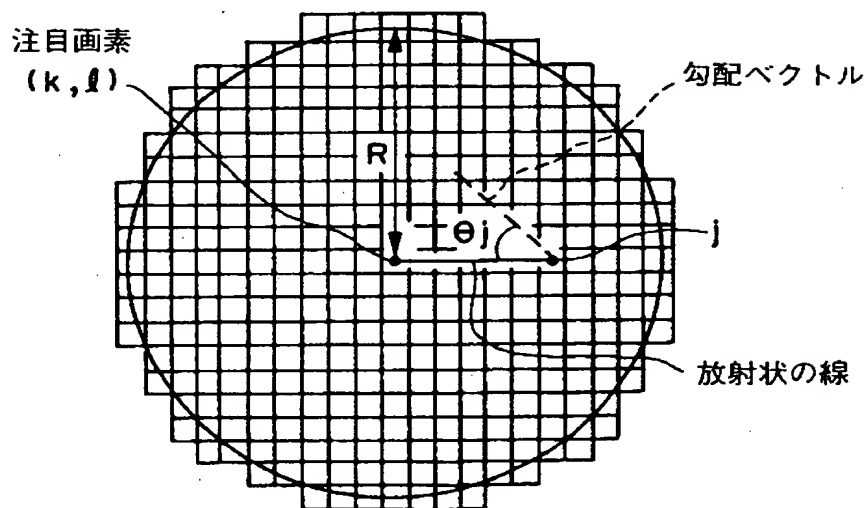
【図 1】



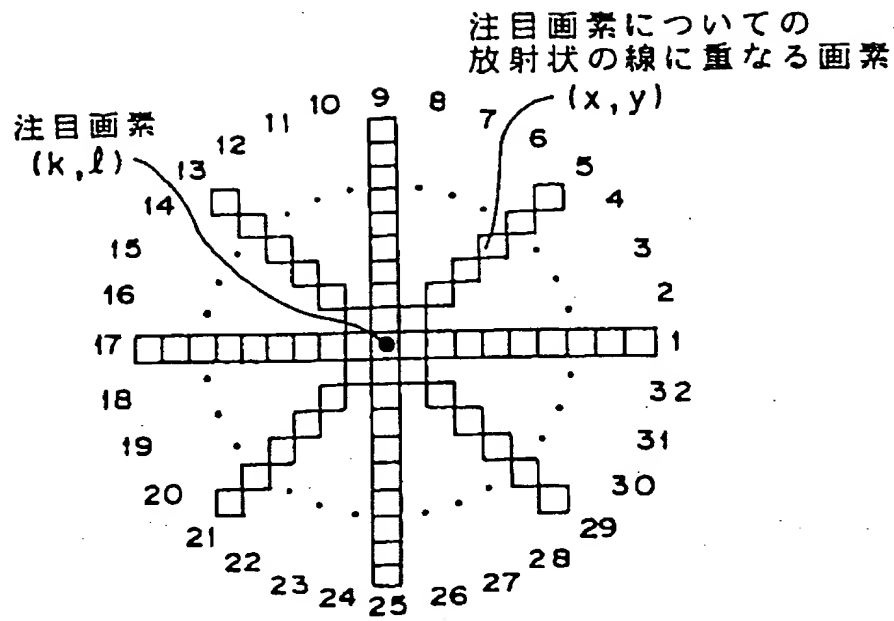
【図 2】

$f_7$	$f_6$	$f_5$	$f_4$	$f_3$
$f_8$				$f_2$
$f_9$		画素 j		$f_1$
$f_{10}$				$f_{16}$
$f_{11}$	$f_{12}$	$f_{13}$	$f_{14}$	$f_{15}$

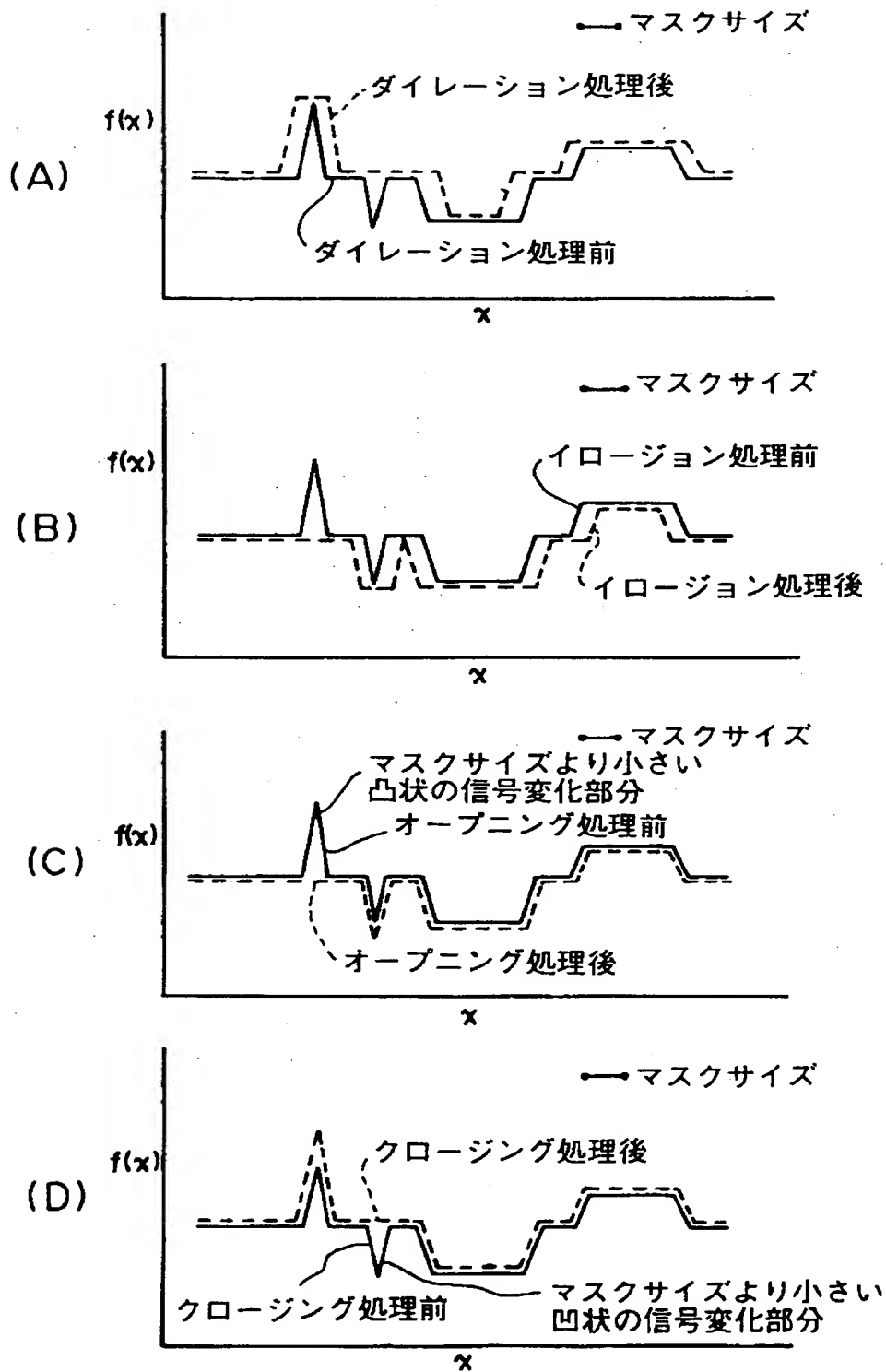
【図 3】



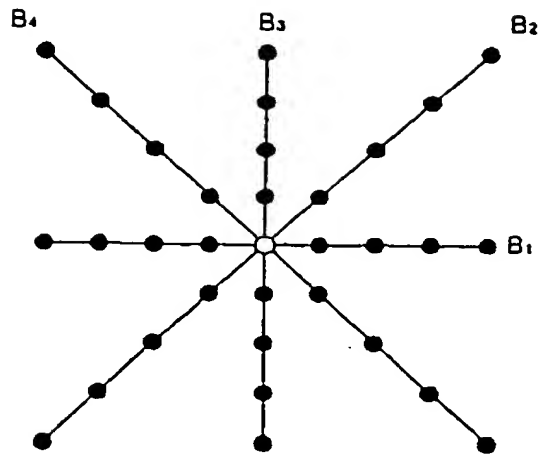
【図4】



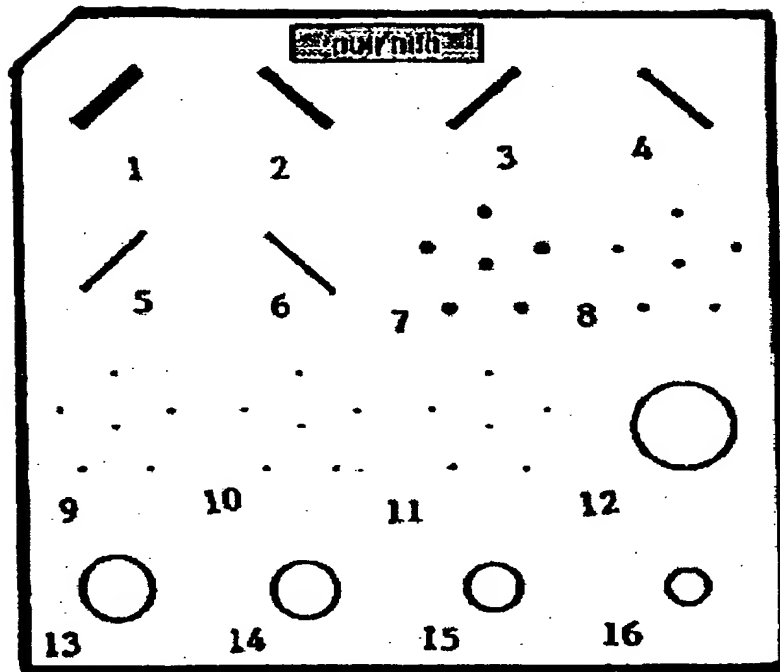
【図 5】



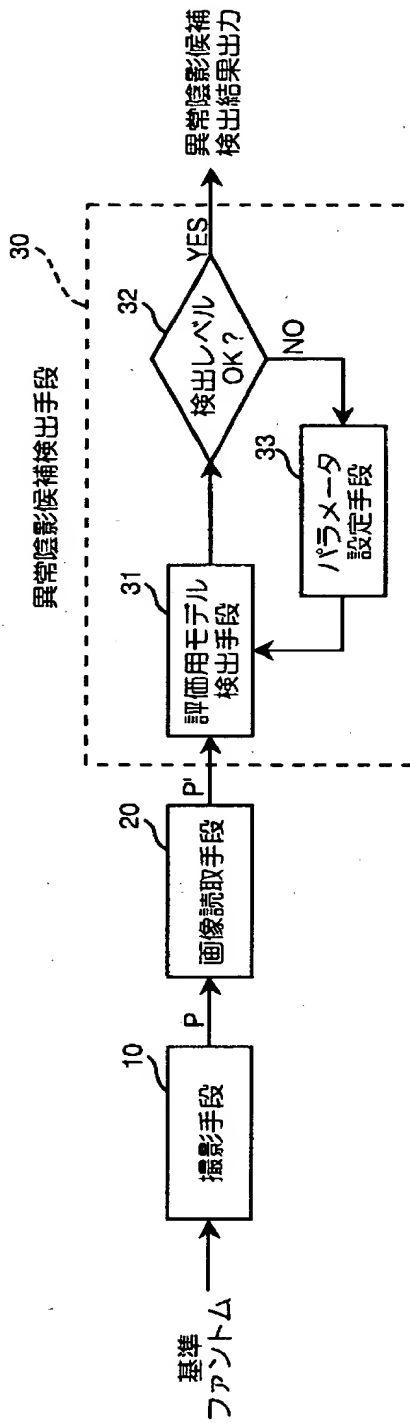
【図 6】



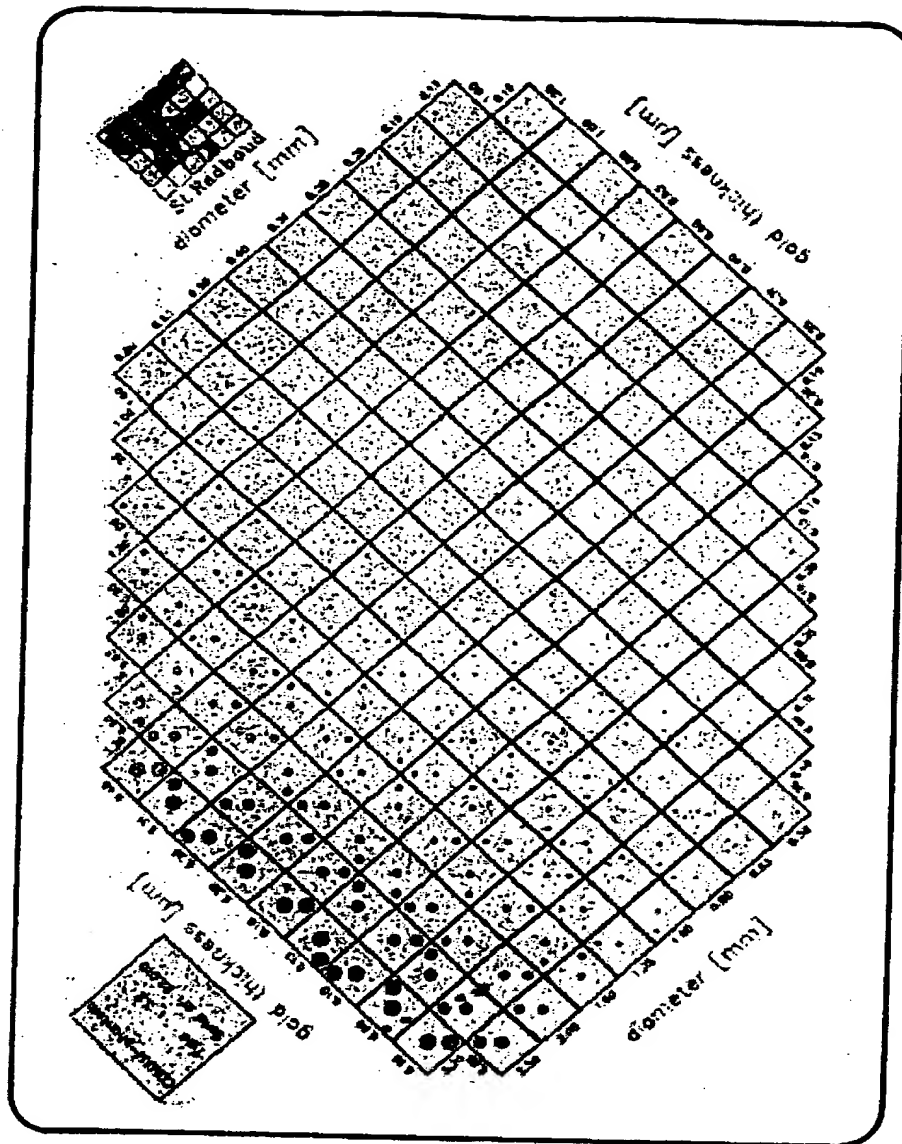
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    施設ごとの撮影環境の相違に拘らず、異常陰影候補検出処理システムを導入する全ての施設に亘って安定した検出性能を得ることを可能とする。

【解決手段】    撮影手段10が基準ファントムを撮影し、画像読取手段20がファントム画像Pを読み取ってファントム画像データP'を取得する。評価用モデル検出手段31がファントム画像データP'を入力して基準ファントム上の評価用モデルを検出し、評価手段32が評価用モデル検出結果と所望の検出レベルとを比較して評価し、所望の検出レベルと異なる場合には、パラメータ設定手段33が評価手段32による結果に基づいて閾値を決定し評価用モデル検出手段31の検出パラメータに再設定する。評価用モデル検出手段31は再度ファントム画像データP'に対して検出処理を施し、検出結果が所望の検出レベルとが同等になるまで処理を繰り返す。

【選択図】                      図 8



認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 2 6 3 6 4 0
受付番号	5 0 0 0 1 1 1 2 1 0 3
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 2 年 9 月 1 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 8月31日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B E N E X S - 1 7 階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 2 0 B E N E X S - 1 7 階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地

氏 名 富士写真フイルム株式会社